八种鱼类（鲤属和白鱼属）的染色体组型研究

昝瑞光　宋峥

（云南大学生物系）

摘　要

本篇报导了四种鲤属鱼和四种白鱼属的染色体组型研究结果，并从细胞遗传学角度讨论了这些鱼类的物种形成问题，同时提出了这样一种看法：用所研究过的五种鲤属鱼类进行种间杂交，获得能育后代的可能性较大。

根据Ojima等（1976）的统计，世界上被作过染色体研究的鲤属鱼类只有*Cyprinus carpio*一种，白鱼属鱼类则一种也未被研究过[9]。我国鲤属鱼类已经定名的有12个种和8个亚种，白鱼属鱼类定名的有6个种，都是比较重要的经济鱼类，尤其鲤属鱼类，其中不少已成为人工养殖对象。我们结合远缘杂交后代能育性的细胞遗传学基础之探讨，已经分析研究过*Cyprinus carpio*的两个中国亚种——华南鲤(*C. carpio rubrofuscus*) 与杞麓鲤（*C. carpio chilia*）的染色体组型[2]。作为鱼类染色体研究的部分继续，本篇把我们对春鲤（*Cyprinus (cyp.) longipetoralis*)、大眼鲤(*C. (Cyp) megalophthalmus*)、洱海大头鲤（*C. (Cyp.) pellegrini barbatus*）和抚仙小鲤（*C. (Mesocyp.) micristius fuxianensis*）四种鲤属鱼以及星云白鱼（*Anabarilius andersoni*）、大鳞白鱼（*A. macrolepis*）银白鱼（*A. alburnops*）和鱇𬶐白鱼（*A. grahami*）四种白鱼属鱼的染色体组型之研究结果加以报导，并对所研究过的鲤属，鲫鱼属、白鱼属鱼类的物种形成的细胞遗传学基础问题作些初步讨论。其中银白鱼有分别取自滇池和取自杞麓湖的两种材料，所得结果彼此有些不同。为了区别，暂时分别称取自滇池的为滇池银白鱼、取自杞麓湖的为杞麓银白鱼。

材料和方法

所用的细胞仍然是发育到原肠中期至晚期的胚胎细胞。染色体玻片标本的制作、染色体的分类和归组等方法均与过去叙述过的相同[1]。在本研究中，每种鱼的染色体数都是根据100个以上的分裂相的染色体计数结果确定的。用于染色体测量和核型组成分析

本文于1979年12月10日收到。

的中期分裂相数目在春鲤为10个、大眼鲤和洱海大头鲤各为9个，抚仙小鲤为6个，星云白鱼和鱇鲏白鱼各为9个，大鳞白鱼为7个，杞麓银白鱼和滇池银白鱼分别为8个和10个。

结　　果

四种鲤属鱼（另附上华南鲤、杞麓鲤以及鲫鱼）和五种（？）白鱼属鱼的染色体数和染色体分组组成列入表Ⅰ。m为中部着丝点染色体，sm为近中部着丝点染色体，st为近端部着丝点染色体，t为端部着丝点染色体。染色体组型图见图版Ⅰ和图版Ⅱ，其中A为m染色体组，B为sm染色体组，C为st和t染色体组，但白鱼属鱼类都没有t染色体。

根据表Ⅰ和图版，同时根据未发表的染色体组型图和显微镜观察，九种鱼的染色体组型可以概述如下：

四种鲤属鱼类的染色体数和分组组成彼此相同，都具有2n＝100的染色体数；都有m染色体11对、sm染色体15对，st和t染色体24对；都有一对属于sm染色体组（B组）的"推测性的性染色体"，其形态学特征与出现情况与在华南鲤、杞麓鲤和鲫鱼上所见

表Ⅰ　十种鱼（鲤属、鲫属和白鱼属）的染色体数与分组组成

鱼　别	2n	组别及每组的染色体数
Cyprinus		
春鲤 *C. (Cyp.) longipectoralis*	100	22m, 30sm, 48st+t
大眼鲤 *C. (Cyp.) megalophthalmus*	100	22m, 30sm, 48st+t
洱海大头鲤 *C. (Cyp.) pellegrini barbatus*	100	22m, 30sm, 48st+t
抚仙湖小鲤 *C. (Mesocyp.) micristius fuxianensis*	100	22m, 30sm, 48st+t
华南鲤 *C. (Cyp.) carpio rubrofuscus*	100	22m, 30sm, 48st+t
杞麓鲤 *C. (Cyp.) carpio chilia*	100	22m, 30sm, 48st+t
Carassius		
鲫鱼 *C. auratus*	100	22m, 30sm, 48st+t
Anabarilius		
星云白鱼 *A. andersoni*	48	12m, 24sm, 12st
大鳞白鱼 *A. macrolepis*	48	12m, 24sm, 12st
取自滇池的银白鱼 *A. alburnops (from Kunming lake)*	48	12m, 24sm, 12st
取自杞麓湖的银白鱼 *A. alburnops (from Qilu lake)**	48	14m, 20sm, 14st
鱇鲏白鱼 *A. grahami*	48	14m, 20sm, 14st

* 该种鱼的分类地位，最近有新见解，请见本文的讨论部分。

到的相同[2]；其它形态学特征方面，这四种鲤鱼之间以及它们同华南鲤杞麓鲤以及鲫鱼之间也未发现有什么明显的不同。这些情况表明，我们所研究过的这六种（七个亚种）鲤属和鲫属鱼在染色体组型上具有一致性。

五种（？）白鱼属鱼的染色体数都是2n＝48。其中鱇𫚙白鱼和杞麓银白鱼都具有7对m＋10对sm＋7对st的分组组成，在st组（即C组）中都含有两对在长臂上带次缢痕的染色体。星云白鱼和大鳞白鱼在st组（即C组）染色体中也有两对长臂带次缢痕的染色体，但在染色体分组组成上与上述两种白鱼有些差异，为6对m＋12对sm＋6对st。滇池银白鱼的染色体分组组成与星云白鱼和大鳞白鱼的相同，也为6对m＋12对sm＋6对st，但st组（C组）中只有一对长臂带次缢痕的染色体，这一点与其它四种都不相同。在其它形态学特征方面，五种白鱼之间尚未发现存在什么明显区别。

讨　论

关于物种形成的遗传学和细胞遗传学方面的原因，有不少学者和研究家提出过看法或作过研究。我国学者方宗熙认为，物种形成的第一阶段是个体变异的产生，在这里，变异和基因重组是主要的。他说的突变包括染色体畸变和基因实变，未强调谁是主谁是次[3]。White（1973、1977）的看法与此有些不同。他根据被研究过染色体的绝大多数动物类群中的许多不同物种之间，特别是亲缘关系很近的物种间，在染色体组型上存在着细胞学的明显区别（染色体数目、臂数、形状、大小或其它特征的不同）之事实，提出：在许多的情况下，染色体重排对物种形成可能起着一种直接原因的作用[11,12]。Wilson等（1974、1975、1977）的研究也给出了类似的结论。他们比较分析了大量动物的染色体数目、臂数和旦白质的进化速度与物种形成速度，结果表明，在染色体的进化速度与物种形成速度之间存在很强的正相关，像哺乳类这样经历了比其它脊椎动物快得多的物种形成的类群，其染色体组型同样经历了比其它脊椎动物迅速得多的进化改变，而旦白质的进化速度则与其它脊椎动物大体相等。因此他们得出结论：在物种形成和机体进化中，由染色体重排而引起的基因重排起着比基因突变更重要的作用[5,13,14]。这里要特别指出，无论是White的结论还是Wilson等的结论都并没有把一切情况下的物种形成均归因为大的染色体重排（由着丝点的融合或断裂、染色体的倒位、易位以及大的重复或缺失等造成的使染色体组型发生明显改变的染色体重排）。事实上White就同时指出过，在有的情况下基因的进化可能是主要的，在有的情况下则可能是那些不造成染色体组型明显改变的微小的染色体重排起主要作用，例如短区段的染色体缺失或重复、单个位点的缺失或重复，尤其是异染色质的缺失或重复。

在缺少大的染色体重排时，物种形成同样可以发生甚至可能以比较快的速度发生，至少就鱼类讲，这一点似是比较明显的。例如根据Ojima等（1976）所统计的资料[9]，以及一些研究者的研究结果[6,7,10]，在鱼类相当多的一些属内，有的甚至是不同属间，许多不同物种的染色体组型都是相同的或极为相似的。有些物种间在染色体组型上表现出有些差异也不一定都是固有的，其中有些可能有技术上的原因。很显然，在这些情况下，要把物种的分化形成归因于大的染色体重排是困难的。最近，Gold等（1978）研究

了分属于五个不同属的五种北美鲤类鱼的染色体组型，发现他们的染色体组型彼此很难区别。他们又同时分析了包括这五种在内的共40种北美鲤类鱼染色体数和臂数的进化速度与物种形成速度，结果表明，与西栖和爬虫类相比，这些鲤类鱼的染色体进化速度不高，但物种形成速度却大约高一倍。因此他们认为，在这些鱼类的物种形成和机体进化中，大的染色体重排可能只起很小的作用，许多物种形成是在缺少改变染色体数目的基因重排条件下发生的[8]。我们的研究结果也表明，五种鲤属鱼类之间的进化分歧，这些鲤鱼与鲫鱼间的进化分歧、鱇䱀白鱼与杞麓银白鱼之间的进化分歧、星云白鱼与大鲐白鱼之间的进化分歧，其主要原因显然不是大的染色体重排，因为它们的染色体组型具有一致性。至于是否是微小的染色体重排或是基因突变起主要作用，尚需进一步研究。鱇䱀白鱼和杞麓银白鱼与星云白鱼和大鳞白鱼之间的进化分歧则有可能起因于较大的染色体重排，因为它们在染色体的分组组成上显得有些差异，前两种白鱼的为14m＋20sm＋14st而后两种鱼的为12m＋24sm＋12st。从总臂数上看有两条之差，分别为82和84（根据前人一致采用的计算法，m染色体和sm染色体算为是双臂的，st染色体和t染色体算为是单臂的。）不过应当指出，在我们目前为止所研究过的每一种鱼上，m染色体与sm染色体之间，sm染色体与st染色体之间，在着丝点指数（本研究中仍取短臂长度/长臂长度)上并不存在中断的间隔区间，而是逐渐过渡的。着丝点指数处于界限值（分别为0.600、0.333和0.143）和靠近界限值的染色体在每种鱼上都有存在。虽然每种鱼核型中每一组染色体的数目是根据7—11个中期相的测量所得到的平均数加上众数的考虑而确定的，但7—11个中期板，这个数目终归不算很大，这样，抽样误差和系统误差都会存在。由于这一切，上述星云白鱼和大鳞白鱼与鱇䱀白鱼和杞麓湖银白鱼之间在染色体分组组成上的差异，可能还不一定完全意味着是固有的差异。如果将来有更大量的研究结果证明它们之间不存在固有的差异，那么它们之间的进化分歧的原因也显然不在大的染色体重排，而在微小的染色体重排或者在基因突变。

这里，我们想就滇池银白鱼和杞麓银白鱼的分类问题单独作些讨论。过去这两个湖泊的这两种鱼被分类学家列为同一物种[4]。但何纪昌最近的研究表明（未正式发表），这两个水域的银白鱼在传统的分类性状上存在着明显的不同，因此他主张把杞麓湖银白鱼分类为一个新种。陈银瑞也同时发现了这种差别（也还未正式发表），并主张把杞麓湖银白鱼分类为星云白鱼的一个亚种。我们的研究结果表明，这两个水域的银白鱼在染色体组型上也有所不同，杞麓湖银白鱼的染色体分组组成为14m＋20sm＋14st，st组内有两对在长臂上带次缢痕的染色体。而滇池银白鱼的染色体分组组成却是12m＋24m＋12st，st组内只发现一对长臂上带次缢痕的染色体。因此把这两种白鱼看成为两个不同的物种好似也存在细胞遗传学上的证据。当然，基于刚才讨论所提出的原因，对此也还应当作出更多的分析研究，以便进一步加以证明。

最后，作为本篇的结尾，我们提出这样一种看法，我们关于五种鲤属鱼类在染色体组型上具有一致性的研究结果可以供鱼类远缘杂交育种工作者参考。正如Ojima等（1976）指出的，鱼类杂交已对鱼类育种改良作出了令人注目的贡献，而两种鱼类能否杂交，其线索可以通过研究他们的染色体得到启示[9]。根据以前作过的研究和讨论[2]，对我们已研究过的五种鲤属鱼类，似乎可以推测，在它们之间进行种间杂交，

获得能育后代的可能性比较大。事实上实践已经对这种推测提供了部分证明。例如大头鲤*Cyprinus* (*Cyp.*) *pellegrini pellegrini*)与华南鲤间的杂交就已经进行过，并且获得了两性都能育的后代。（此工作是长江水产研究所做的，在全国鱼类杂种优势利用现场经验交流会上介绍过，但尚未在刊物上正式发表）。

致谢：本研究中，鱼类标本的鉴定得到何纪昌同志的帮助，特此表示感谢。

参　考　文　献

〔1〕 昝瑞光、宋峥：1979。草鱼、团头鲂染色体组型的分析比较。遗传学报 6（2）：205—210

〔2〕 昝瑞光、宋峥：1980鲤、鲫、鲢、鳙染色体组型的分析比较。遗传学报 7（1）：72—77

〔3〕 方宗熙：1978。普通遗传学。科学出版社出版。446—463

〔4〕 伍献文等：1964。中国鲤科鱼类志，上卷。上海科学出版社出版。73—74

〔5〕 Bush G. L., S. M. Case and A. C. Wilson 1977. Rapid speciation and chromosomal evolution in mammals. *Proc. Nat. Acad. Sci.* (U. S. A.), **74**, 3942—3946。

〔6〕 Cataudella S. et al., 1977. The chromosomes of 11 species of *Cyprinidae* and one *Cobitidae* from Italy, with some remarks on the problem of polyploidy in the *Cypriniformes*. *Genetica*, **47** (3), 161—171.

〔7〕 Gold J. R. et al., 1977. Cytogenetic studies in North American minnows(*Cyprinidae*)I. karyology of nine California genera. *Copeia*, №3, 541—549。

〔8〕 Gold J. R. et al., Gross karyotypic change and evolution in North American cyprinid fishes. *Genet. Res. Camb.*, **32**(1), 37—46。

〔9〕 Ojima Y. et al., 1976. *A* review of the chromosome numbers in fishes. *La kromsomo*, 11—1, 19—47。

〔10〕 Uyeno T. et al., 1973. Chromosomes and evolution of plagopterin fishes(*Cyprinidae*)of the Colorado River system. *Copeia*, №4, 776-782。

〔11〕 White M. J. D. 1973. The Chromosomes. 176—200。

〔12〕 White M. J. D. 1977. Animal Cytology and Evolution. 334—466.

〔13〕 Wilson A. C. et al., 1974. The importance of gene rearrangment in evolution, evidence from studies on rates of chromosnmal, protein, and anatomical evolution. *Proc. Nat. Acad. Sci.* (U. S. A.) **71** (8), 3028—3030.

〔14〕 Wilson A. C. et al., 1975. Social structuring of mammalian populations and rates of chromosomal evolution. *Proc. Nat. Acad. Sci.* (U. S. A.), **72**(12), 5061—5065.

Studies of the karyotypes of eight species of fishes in *Cyprinus* and *Anabarilius*

Zan Ruiguang Song Zheng

(Department of Biology, Yunnan University, Kunming)

Abstract

By the methods described in a previous paper, [1] we have studied the karyotypes of eight species of fishes in *Cyprinus* and *Anabarilius*, i. e. *C.* (*Cyp.*) *longipectoralis* *C.* (*Cyp.*) *megalophthalmus*, *C.* (*Cyp.*) *pellegrini barbatus*, *C.* (*Nesocyp.*) *micristius fuxianensis*, *A. andersoni*, *A. macrolepis*, *A. grahami*, as well as *A. alburnops* taken from Kunming lake and *A. alburnops* taken from Qilu lake and discussed the genetic and cytogenetic causes of speciation in these fishes.

All the four species in *Cyprinus* have the same chromosme number (2n=100), the same formula of groups and complements of chromosomes (22m+30sm+48st, t) and the same heteromorphic pair of "tentative sex chromosomes" which were identified as sm. In other features of chromosomal morphology, these fishes also show an identity. Having compared the karyotypes of these fishes with that of *C.* (*Cyp.*) *carpio* and *Carassius auratus* which was analysed in last paper, we can conclude that all the six species in Cyprinus *Cyprinus* and *Carassius* studied by us are indistinguishable karyotypically.

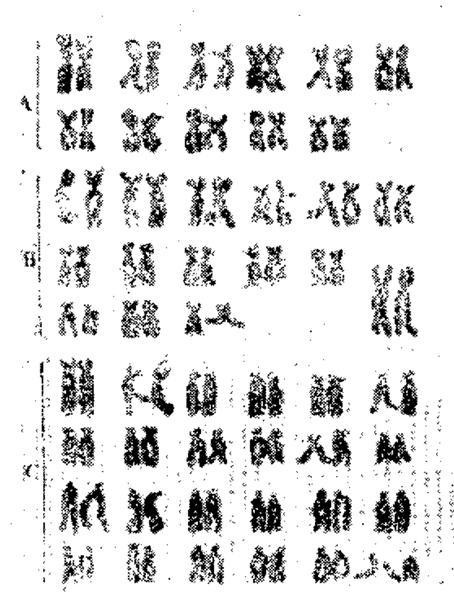
All the five(?) species in *Anabarilius* have 2n=48 chromosomes, but their karyotypes, appearing to be something of difference, may be distinguished into three kinds. *A. andersoni* and *A. macrolepis* have the first kind of karyotypes; the formula of groups and complements of chromosomes is 12m+24sm+12st; among the group of st (i.e.group C) there are two pairs of chromosomes showing secondary constriction on the long arm. *A. grahami* and *A. alburnops* taken from Qilu lake have the second kind of karyotypes, there also are two pairs of st showing secondary constriction on the long arm, but the formula of groups and complements of chromosomes is 14m+20sm+14st. *A. alburnops* taken from Kunming lake has the third kind of karyotyps, in

which though the formula of groups and complements of chromosomes is 12m +24sm+12st, there is only one pair of st showing secondary constriction. It is necessary to point out that, due to the difficulty in classifying chromosomes and the technical difficulty, we can not yet decide whether the karyotypical differences just mentioned are really original.

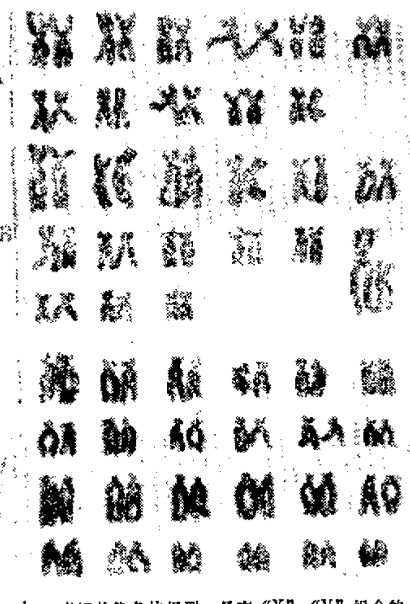
The karyotypical data suggest that, the causes bringing about the evolutionary divergences of all the six species in *Cyprinus* and *Carassius*, the evolutionary divergences of *A. andersoni* and *A. macrolepis*, in addition *A. grahami* and *A. alburnops* taken from Qilu lake, obviously are not gross chromosomel rearrangements. In regard to whether minute chromosomal rearrangements or gene mutation made contribution to the speciation of these fishes, it is necessary to do further studies in order to give affirmative conclusion. For those species appearing slightly differed karyotypically in *Anabarilius*, it is possible to attribute the evolutionary divergences between them to slight grosser chromosomal rearrangements. But because, as we have formerly pointed out, their karyotypic differences can not yet be decided to be really original, so it is quite difficult to consider that gross chromosomal restructuring may played important or direct causative role in the speciation of these fishes.

The karyotvpical data of the five species in *Cyprinus* also suggest that, interspecific hybridization between them would give fertile hybrids in all probability。

昝瑞光等：八种鲤属和白鱼属鱼类的染色体组型研究　图版Ⅰ①



1a. 春鲤的染色体组型，具有“X”“X”组合的。



1b. 春鲤的染色体组型，具有“X”“Y”组合的。

图版 I ②

2a. 大眼鲤的染色体组型，具有"X" "X"组合的

2b. 大眼鲤的染色体组型，具有"X" "Y"组合的

3a. 洱海大头鲤的染色体组型，具有"X" "X"组合的

3b. 洱海大头鲤的染色体组型，具有"X" "Y"组合的

4a. 抚仙湖小鲤的染色体组型，具有"X" "X"组合的

4b. 抚仙湖小鲤的染色体组型，具有"X" "Y"组合的

1. 春鲤的染色体组型
2. 大眼鲤的染色体组型
3. 洱海大头鲤的染色体组型
4. 抚仙湖小鲤的染色体组型
1. The karyotype of *C. longipectoralis*
2. The karyotype of *C. megalophthalmus*
3. The karyotype of *C. pellegrni barbatus*
4. The karyotype of *C. micristus fuxianensis*

Note: a. with "X" "X"; b. with "X" "Y".

昝瑞光等：八种鲤属和白鱼属鱼类的染色体组型研究　图版 I

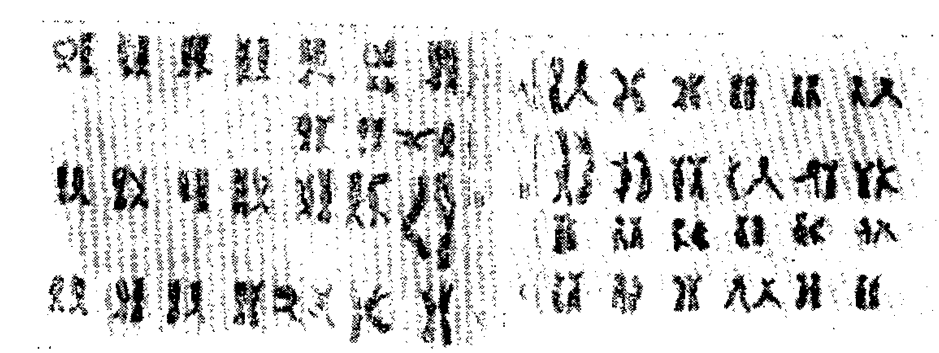


图 1

图 3

图 2

图 4

1. 鱇鲺白鱼的染色体组型
2. 杞麓湖银白鱼的染色体组型
3. 星云白鱼的染色体组型
4. 大鳞白鱼的染色体组型
5. 滇池银白鱼的染色体组型

1. The karyotype of *A. grahami*
2. The karyotype of *A. alburnops* of Qilu lake
3. The karyotype of *A. andersoni*
4. The karyotype of *A. macrolepis*
5. The karyotype of *A. alburnops* of Kunming Lake

图 5